※国际工效学简介※

徐联仓　凌文辁

（中国科学院心理研究所）

一、什么是工效学？

工效学（Ergonomics）这个名词还没有一个固定的中文译名。它是由工作（ergon）和自然规律（nomos）两个希腊文的字根组成的。一般说，欧洲大陆用这个名称较普遍，而在美国通常使用人体工程学（Human Engineering）和人因素工程学（Human Factors Engineering），现在更多地使用后者。其它的说法还有人体状态学（Human Conditionining），动作与时间研究工程学（Motion and Time study Engineering），生物技术学（Biotechnology.生物工程学（Bioengineering），生物力学（Biomechanics），生命科学工程学（Life-Sciences Engineering），人一机系统（Man-Machine system）等。日本叫做人间工学，是从 Human Engincering 翻译过去的。

关于工效学的定义也有许多说法。国际工效学会（International Ergonomics Association），简称 IEA）的会章中把工效学定义为：这门学科是科究人在工作环境中的解剖学、生理学、心理学等诸方面的因素，研究人一机器一环境系统中的交互作用着的各组成部分（效率、健康、安全、舒适等）在工作条件下，在家庭中，在休假的环境里，如何达到最优化的问题。查理士·任德（Charles.c.Wood）定义为：设备设计必须适合于人的各方面客观因素，以便在操作上用最低的输出来求得最高的效率。伍德森（W.E.Woodson）则认为，工效学在于求得人与机器的合理关系。被认为是工效学创始人的美国应用心理学家、国际工效学会主席查潘尼斯（A.Chapanis）则认为，工效学是在设计机械时，求得人在操作机械时的简易化与正确性的一项工具。他在第六届国际工效学会议上提出了工效学目前应着重研究的一些问题：

（1）能源问题：包括对光源、取暖标准的研究，以节省电力；建筑上利用阳光以节电；各种工具与机械的节电；利用远距离通讯以节约交通消费等。

（2）人一机系统中的原材料的节约，包括在工作与生活中节约稀有金属，废旧金属回收等。

（3）生活和工作质量问题：如防止事故，职业病和污染作斗争；从法律上保证工作与生活环境。

（4）制定工效学标准问题：各种工业、建筑产品应有工效学的标准。防止噪声和其它有害于人的健康安全的产品，应有一套工效学鉴定标准。

（5）协助发展中国家共享技术上的利益。工效学应研究在把先进技术推广到发展中国家时应注意的问题，以防止机械地搬用，造成浪费。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

日本人间工学会前会长大岛正光认为，工效学是一种科学地对人与职业的关系进行研究的一门学问。工效学处理人所使用的机器、工作环境及整个工作系统三个方面的问题。他认为工效学与四个方面的课题有关：

(1) 人的特性：身体的大小尺寸，强弱，作业姿势，能力，反应时间，知觉，意志决定，学习等精神特性和生理特性。

(2) 人—机关系：显示和操纵的配置，自动化，简单和复杂的控制系统，动作的强度和范围等。

(3) 环境条件：照明、噪音、温度、湿度、振动、粉尘、有害气体、以及影响舒适的其他因素。

(4) 与作业有关的其他问题：疲劳、强度、错误、事故、安全、速度、忍耐性、工作的输出，系统效果，选拔与训练，整个人—机系统的分析与设计等。

苏联工效学家洛莫夫认为，工效学应着重研究控制和管理系统中人与技术装置的信息相互作用，并认为要把人的作用加以特别的强调。他提出过去是把人作为操作者进行研究，新的原则应是把操作者当作人来研究。把人和机器的关系当作"劳动主体和劳动工具"的关系。他认为在工效学研究中，人的合乎目的的活动是分析描述人—机系统的出发点。他提出工效学就是采用基础学科（生理学，心理学）中积累起来的材料和解决与劳动合理化有关的实际任务的一种手段和工艺，并把它看作是系统工程学的组成部分。

工效学研究的领域十分广泛，很难进行归纳。有人提出以下一些方面：

(1) 人体测量　　(2) 情报的感受能力
(3) 情报的处理能力　　(4) 运动的能力
(5) 学习能力　　(6) 生理及心理需求
(7) 对物理环境的感受性　　(8) 对社会环境的感受性
(9) 相辅行动的能力　　(10)个体差异

也有人归纳为：

(1) 系统的对象研究　　(2) 各种功能的限度
(3) 职业分析　　(4) 技能的评价
(5) 任务分析　　(6) 信息显示
(7) 警报系统设计　　(8) 警报分析
(9) 手控制研究　　(10)序列控制研究
(11)设计自动化问题　　(12)事故的预防
(13)故障处理　　(14)危机情况的控制
(15)决策过程　　(16)人员选择
(17)训练　　(18)操作指导
(19)职能的设计　　(20)操作者错误分析

以上只不过是一种抽象的概括，实际上工效学涉及到生理学、心理学、解剖学、医学、工程技术学、管理学及其他学科的许多有关方面，不同专业的专家在研究工效学问题时往往各有所侧重。

工效学涉及到如此广泛的学科领域，它的文献资料种类也颇繁多。有人为了研究方便起见，根据研究领域而将其文献资料进行了如下分类：

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(1) 工效学：方法、设备、器材与一般文献

(2) 人—机系统

(3) 视觉的输入及其过程

(4) 听觉的输入及其过程

(5) 其他知觉的输入及其过程

(6) 输入通道的选择与相互作用

(7) 身体测量：基础的生理学界限、基本运动能力及复杂运动能力

(8) 操纵的设计以及与显示的统一

(9) 操纵台与仪表板的配置

(10)作业空间、器材及家具设备的设计

(11)衣服及个人装备

(12)影响工作能力的环境因素

(13)影响能率、疲劳的个人因素，工作条件，工作特性

(14)训练装置及其使用法

(15)与工效学关联的心理学研究的其他领域。例如，与工效学有关的个体心理学、社会心理学。

二、工效学研究的方法与技术

工效学最早是从应用实验心理学的基础上发展起来的。因此，工效学的研究方法最初也主要是借助于心理学的方法。例如美国工效学先驱查潘尼斯在1957年出版的《人体工程的研究技巧》一书中，认为工效学的研究方法约为如下几种：

1. 直接观察法

(1) 操作者的意见（面谈或提案等方法）

(2) 动作与时间的研究法

(3) 配置法（流程图、多程序分析、环式分析）

2. 事故或错误分析法

3. 统计研究法

4. 实验方法

5. 伴随人体实验的特殊问题

(1) 动机（Motivation）

(2) 态度（Attitude）

(3) 期待（Expect）

(4) 实验者与实验室的问题

6. 心理物理法

(1) 空间的不同方向性

(2) 测定系列的误差

(3) 时间误差

7. 发音测试法（Articulation Testing Method）除了查潘尼斯提出的方法外，美国另一位工效学家亨利·威尔（Honey Well）针对人—机关系的测定，提出了以下的方法：

1. 瞬间操作分析（Second-by-Second operational analysis)：即在连续性操作中，对动作、作业及该系统中的相互关系间的信息传递加以分析，以寻求最佳的改进对策。由于对连续性操作进行连续性的分析是十分困难的事情，所以只能信用间歇性的分析测定法，测定各瞬间的操作情形，再用统计学中的随机抽样法来进行操作的测定，测定后，再使用统计推论的方法加以整理。

2. 知觉与运动信息分析（perceptual and Motor information analysis)：这是对人体

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

与机器之间相互传递的信息加以分析。外界传入人体的信息，经过感觉器官传到大脑后，由大脑加以判断，然后运动器官对机械作出适当的反应。这种由机械——→感觉器官——→大脑——→运动器官——→机械的循环方式，构成一种反馈系统。因此，这种方法就是对这种反馈系统加以分析与测定。

3．连续控制的负荷分析（Continuous Control work load analysis)：即使用硬性抽样电子计算机技术(Forced-Sampling Computer technigue) 来分析操作者的连续性操作情形，规定最小的认知时间，以推算操作人员工作负荷程度。

4．全工作负荷分析（Total work load analysis)：利用时间的间隔来算出作业者的工作负荷程度。一般是以工作负荷率/单位时间来表示。

5．使用频率分析（Use-frequeney analysis)：这是对所操作的控制、设备等机械系统，使用频率分析来分析其被操作者所使用的频率，以调整操作员的工作负荷。

6．机械关连性分析（Instrument link analysis)：即对机械的使用方法，人与机械状态的变化等状态的观察和综合，以寻求适当的机械控制的配置。

法国蒙墨林在其“工效学”一书中把工效学分为“工作场地工效学”和“系统工效学”。前者指一人一机的关系，后者指人组与机组的关系。他认为分析前者用 S-O-R 型模式，而分析后者用 S-R 型模式。在工作场地工效学中，他采用劳动分析技术，其中包括“古典手段”，如(1)“时间与动作”分析，(2)错误分析，(3)联络分析，(link analysis，例如，在操作时从一个部件向另一个部件转换的频率)，(4)检验表分析方法。把对操作者的各种要求列出项目单，逐次检查。

他还对操作者感受负荷进行测定。如(1)对信号的信息量的测定，(2)对输入不变情况下回答反应的测定，(3)输入变化情况下反应的测定（操作中加入“补充课题”或使用“截断课题”，(4)间接指标的测量：与操作无直接关系的指标，如对闪光融合频率与疲劳有关的分析。

在系统工效学方面，则强调分析人一机联络的模式。如空间组织模式，顺序组织模式，相互作用模式，功能目录模式等分析方法。在这方面更主要的是进行(1)人与机器间的功能分配，(2)操作者工位的配置，(3)指令的编拟，(4)人一机系统的可靠性的分析，(5)人一机系统的调节过程分析。

以上只是介绍了几种分析方法的体系。在做法上有区别，但原则上是一致的。

在研究技术方法上，工效学从许多临近的学科吸取了营养，例如：

(1) 在作业分析方面，作业的种类与时间的分析中所用的各种名称与符号，用电影记录分析动作，动作时间的测定，工作日写实，工序中作业数目的分析等。

(2) 作业强度的分析，如分析代谢、脉搏、呼吸、汗、尿、肌电等都是从劳动卫生学方面借用的方法。

(3) 作业紧张度的测定，如听觉阈值、视觉阈值、痛觉阈值、脑电指标等，则是从心理物理学中借用的，用以说明疲劳情况。

(4) 一些生理心理特点测量，如眼动的记录、视野的测量、立体视觉测量、颜色视觉测量、听觉检查、平衡觉检查、反应时间测量等则是从生理学、心理学借用的。

(5) 关于人体的各种参数、身高、体重、握力、拉力、柔软度、双手协调、人体容积、弯曲度等都是从人类学借用的技术。

(6) 主观感觉的问卷评价方法。如疲劳的主观感觉、精神症状的主诉、对各种设备、措

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

施的意见等。

(7) 测验方法，在工效学中应用各科智力测验、能力测验、技能测验，大多是从心理学测验转用来的。

(8) 关于生产组织与管理有关的研究技术，如团体动力分析等又是从社会心理学方面借鉴而采用的。

(9) 近年来由于系统工程的迅速发展，在工效学中也应用系统工程的指导原则与分析方法。

三、工效学的历史与现状的概述

20世纪初期，泰勒（Frederick.W.Taylor）和吉尔帕瑞斯（Frank.B.Gilbreth），设计出关于工作程序和工具操作合理化的一套方法。他们的这些研究，受到工业工程界的重视，被称为时间与动作的研究。这些研究经过后人的发展已被广泛的应用于工业生产中去。这可以说是工效学研究的前驱。

第一次世界大战期间，在英国建立了工业疲劳研究部，专门从事有关单调、疲劳与休息等问题的研究。

卅年代美国贝尔电话公司，建立了专门的实验室，研究通讯技术中人的因素，把这方面的工作提到了一个新的水平。

在第二次世界大战中，因战争的需要，美国军方大量地研制新式飞机，但是飞行员的训练跟不上新式飞机生产，淘汰率很高，而飞行员的选拔与训练成了突出的问题。此外，由于注重新式飞机的性能，忽略了使用者的操纵能力和极限，以致人的反应速度跟不上，而来不及操作；或者由于仪表等设计没有考虑到人的心理、生理特点，影响感知，导致飞行员误读仪表，造成意外事故；或者由于座舱位置安排不当，导致战斗时操纵不灵活，失去战机，甚至被对方击中。于是，设计师深感人的因素在应用科学研究中的重量。这就要求一些科学家对这些问题进行研究，以协调复杂机械系统中人与机器的关系，使机器的设计适合于人的心理、生理特点。另一方面，也注意对特殊兵种进行心理选拔和训练。从事这些问题研究的不是工程技术人员，而主要是心理学家，其次是生理学家医生等。心理学家应用实验心理学去解决人与机械的关系，从而产生了工程心理学。工效学正是在工程心理学的基础上发展起来的。

当时，英美等国，还积极开展了监守及控制工作中操作者特点的研究。在英国主要是剑桥的医学研究委员会中的应用心理学组织，例如当时曾系统地研究了在军舰舰桥上或雷达与声纳的监守岗位上的操作特点，还开展了有关火炮操纵的研究，这导致了对追踪动作研究的开始。在英国也开始了有关应激状态下操作者技能的研究。著名心理学家巴特莱特(Bartlett）对疲劳与应激的问题做过不少工作。英国工效学研究的机关有皇家空军航空医学研究所等。在这时期，在美国空军也有不少研究中心，如俄亥俄州的美国空军航空发展研究中心，华盛顿的海军研究实验室。此外，还有一些咨询机构，如毕兹堡的美国科研所等。

二次世界大战结束以后，专家们将工效学的体制及各项研究成果，广泛地应用于产业界，以探求人与机器之间的合理化。他们更注意于安全、健康、工作环境的舒适以及工作程序的改进。随着自动化程度的提高与普及，使得产业部门不得不重视人的因素。因为自动化生产是单调重复性的工作，每个人只完成产品的一道工序，既无技术性又枯躁无味。另一方

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

面，自动化普及后，原来人所调节、控制、计算等的工作逐渐被机械所取代。可是，在技术上，机械还是不能完全取代人的地位，反之对人的要求更高了。因此，设计机器时，对人的因素要严密地考虑，使之渗透到机器本体中去，使机器具备人的特性，适应人的行为。工效学就是研究人与机器及其工作环境之间合理化的一门科学。

为了使工人适应于新的自动化的生产，产生了再训练的任务，工人旧的一套本领没有用了，必须学习新的生产技能，所以当时大力开展了工业技能分析、任务分析、职业设计与训练等研究。这时由于生产自动化程度愈来愈高，对质量问题也要求更高，对于质量控制问题的研究也是工效学研究的很重要的一个方面的问题。

在六十年代宇航的研究，对于工效学是一个很大的推动。美国和苏联在这方面进行了大量的工作。

由于电子计算机的广泛应用，也为工效学开辟了新的领域。对于操纵者如何进行决策，进行了许多研究，提出了决策过程的数学模型，对反馈控制、信息加工，范畴化等都有新的进展。研究人的行为特点，编写计算机的程序以复制操纵者的行为，这时出现了许多交叉的，互相促进的新学科，如运筹学、人工智能、生物工程、系统工程……成为工效学的兄弟学科。

这时期对系统的可靠性问题也成为多学科攻关的对象，特别是一些重要的工业部门，如核反应堆的管理、核电站的管理。英国的原子能委员会对核反应堆操纵者的工作的可靠性问题进行了大量研究，发现在许多严重的事故中人的因素是十分重要的因素。他们还研究了在核反应堆控制室中操作者对警告信号的反应，研究判定操作者的工作可靠性的方法。美国对核反应堆控制中人的错误操作问题进行过专门研究。他们认为在严重事故中往往包括着人的错误，例如对警告信号的解释错误。研究者设计一种以计算机为基础的分析装置，它不仅显示各种警告信号，而且也显示它们之间的关系，以防止理解上的错误。

随着工业生产自动化、复杂化，以及一些新型武器的系统化、高速化，对操作者的要求更高了，所以选拔、训练这些老问题再次为人们所重视。训练器的使用得到了广泛的重视，特别是在空军、航天、以及核电站的管理方面。在训练器上，大量应用电子计算机，不但模拟操作，而且有了十分逼真的外景模拟。美国空军广泛地应用模拟器来训练飞行员，予计到1980年可以把训练飞行员的飞行时间减少25%。美国空军投资18亿美元，装配了229个现代化的模拟装置。它们造价虽然很高，但由于节约了训练时间与消费，所以2—6年就可以把投资收回了。如美国在用大型运输机Kc—135进行训练时，每小时要花2000余美元，而使用模拟器训练，每小时只用60美元，这是很合算的。

工效学近年来发展的另一个新趋势是愈来愈注意社会性方面的问题，对于生产条件下的人与人的相互关系，生产中的心理气氛、人的责任心、组织性、纪律性、主动性、积极性等都很重视，所以有人说："人—机系统"的研究向"人—人系统"研究发展。

四、国际工效学研究组织与国际会议概况

(一)国际工效学会及其分会

国际工效学联合会（International Ergonomics Association）简称IEA。1960年正式成立。现在这一组织已有15个分会，总部设在瑞士的苏黎世，目前有4300名会员。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表1 国际工效学联合会各分会

	分　会　名　称
1	英国工效学研究会
2	捷克科学管理委员会工效学部
3	澳大利亚、新西兰工效学会
4	西德工效学会
5	匈牙利组织与管理科学学会
6	加拿大人的因素学会
7	美国人的因素学会
8	日本人间工学会
9	荷兰工效学会
10	北欧工效学会
11	波兰工效学会与劳动保护委员会
12	意大利工效学会
13	法国工效学会
14	南斯拉夫工效学会
15	西班牙心理学会

(二)国际工效学会历届国际会议

国际工效学联合会自成立以来，一共召开了七次国际会议。

表2 历届国际工效学会议

序号	年　月	所在国	会址
1	1961年	瑞　典	斯德哥尔摩
2	1964年 9月	西　德	德尔脱门特的马克斯——普郎克协会
3	1967年 9月	英　国	伯明翰大学
4	1970年	法　国	斯特拉斯堡
5	1973年	荷　兰	阿姆斯特丹
6	1976年	美　国	马利兰
7	1979年 8月	波　兰	华　沙

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表3 各国工效学研究机构的分布与总数

国家	设立机构的单位和部门			总计
	高等院校	军事部门	其他部门	
美国	10	11	3	24
英国	2		5	7
西德			2	2
法国			1	1
日本	7		5	12
苏联	4		13	17

以上我们简要介绍了工效学的情况与组织。这一新的学科正在发展之中，与许多学科都互相关联，相互交叉。心理学是其中的一个有关学科，也可以说是关系最密切的一个。正因为如此，国际工效学会的主席也是一位心理学家。在各国工效学研究专家中，心理学家也占有很大比重。我国在工效学方面也进行过不少工作，但过去一直没有一个专门的组织。为了尽快实现四个现代化，急需在各行各业中开展工效学的研究，也十分需要全国从事工效学研究的单位和个人组织起来。在这种形势的推动下，1980年6月在中国心理学会领导下成立了工业心理学分会并在中国标准化协会领导下成立了人类工效学标准化技术委员会，以组织和协调这方面的工作。心理学界从事工效学工作的同志不少，只要积极行动起来，大力开展工作，就一定能作出积极的贡献。

简讯

《美国心理学家代表团访华报告集》出版预告

本刊第三期增刊为《美国心理学家代表团访华报告集》专辑，报告人均为美国当代著名的心理学家。专辑每册定价伍角（连邮费在内），尚未定阅《心理科学通讯》的读者可在四月底前来函直接订购。《报告集》内容如下

（1）应激和应付反应对身体健康的影响	N·E·米勒
（2）儿童读物中的男性和女性：交叉文化分析	F·L·丹玛克
（3）认知的信息加工模型	H·A·塞蒙
（4）文化，正字法和阅读：中文和英文课业	H·W·斯蒂文森
（5）婴儿的知觉，记忆和认知的实验研究	G·M·奥尔森
（6）美国心理测验的发展	R·D·福勒
（7）学习在神经症、内脏反应和治疗中的作用	N·E·米勒
（8）美国的临床心理学	R·D·福勒
（9）学校教育与认知发展	H·W·斯蒂文森
（10）信息的存储系统——记忆	H·A·塞蒙
（11）理解语言的过程	G·M·奥尔森
（12）妇女心理学：一个新兴领域的概观	F·L·丹玛克

《心理科学通讯》第三季度（第四期）起公开发行

为了满足各界的殷切期望，本刊决定自第三季度起通过邮局向国内公开发行。国外订阅由国际书店统一办理。（本刊编辑部）

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

remarkably better than the pupils of the other two control classes.

Investigations On The phototactic Behaviour Of Fishes

Yu Wen-zhao
(Shanghai Institule of Physiology, Academia Sinica)

The paper describes the phototactic types of fishes in the photogradient. The phototactic behaviour depends not only on the strength of illumination, but also on the wave length of various lights. Influence of moon light was also investigated. It is found that when the influence of background light weakens, the phototactic behaviour increases with the increasing light intensity. Finally, a theoretical analysis for phototactic behaviour of fishes is suggested.

Basic research on the phototactic behaviour of fishes is not only significant for understanding the influence of light on fish behaviour, but also has implications for comparative psychology.

Recent Developments In Ergonomics In the world

Xu Lian-cang, Ling Wen-quan
(Institute of Psychology, Academia Sinica.)

Ergonomics could be defined as the scientific study of the relationship between man-machine-environment. In this sense, the term "environment" is taken to cover not only the working environment, but also his tools and materials, his methods of work and the organization of work.

The development of ergonomics is closely related with the progress of science and technology. The necessity of the improvement of production, transportation and armed forces plays an important role in the making of ergonomics. This problem is discussed in this article.

The nature of ergonomics, the methods and different approaches to this discipline have been also studied in this article.

The state of ergonomics studies in different countries at the present time is introduced in the context of general principles and ergonomic practices.

On Research In Human Learning By R.M.Gagné

Shao Rui-zhen

Robert M.Gagné, a leading American educational psychologist, expounds his views on a scientific approach to human learning. He places a marked emphasis on learning and states that there are many different kinds of learning. In particular, the notion of a hierarchical learning sequence provides an extremely useful and convincing model of school learning. The rational constitution of the phases of an act of learning is accorded considerable prominence.

Great effort has been made to provide a balanced treatment of two major contrasting zoth century families of learning theory. Nevertheless, Gagné's sympathy lies with the connectionist theory. And to some extent, the influence of traditional and mechanical view of Behaviorism is reflected in his approach—it is well worth close attenton.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net